

E3986

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-036102

(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065
C23C 16/50
C23F 4/00
G01J 3/42
G01N 21/35
H01L 21/205
H01L 21/304
H01L 21/31
H05H 1/46

(21)Application number : 08-116077

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 10.05.1996

(72)Inventor : ERIGUCHI KOUJI

(30)Priority

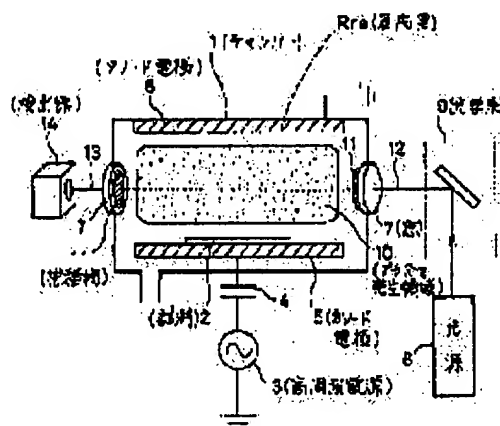
Priority number : 07118383 Priority date : 17.05.1995 Priority country : JP

(54) MONITORING METHOD OF DEPOSITE IN CHAMBER, PLASMA PROCESSING METHOD, DRY-
CLEANING METHOD AND SEMICONDUCTOR MANUFACTURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the process control when a machining work is conducted utilized the plasma such as dry etching and plasma CAD, etc.

SOLUTION: For example, the coupling between the specific atoms, contained in a deposite 11 on the inner wall surface of the chamber 1 formed by the by product of etching, is observed using infrared rays in a dry etching process for example. The incident infrared rays 12, generated by a monitoring light source 8, is made to irradiate on the deposite 11, and suction spectrum of passing infrared rays 13, which passed the deposite 11, are detected by an infrared detector 14. As a result, the correct information in the chamber 1 can be obtained, and the irregularity of etching characteristics and the lowering of the yield rate caused by the generation of particles can be prevented. Also, the operating efficiency of the device can be improved by optimizing the period of maintenance based on the amount of specific change of the respective infrared ray spectrum.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.05.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2781545

[Date of registration]

15.05.1998

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-36102

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	E
C 2 3 C 16/50			C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
G 0 1 J 3/42			G 0 1 J 3/42	
G 0 1 N 21/35			G 0 1 N 21/35	Z
審査請求 有 請求項の数35 O L (全 21 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-116077

(22) 出願日 平成8年(1996)5月10日

(31) 優先権主張番号 特願平7-118383

(32) 優先日 平7(1995)5月17日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 江利口 浩二

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

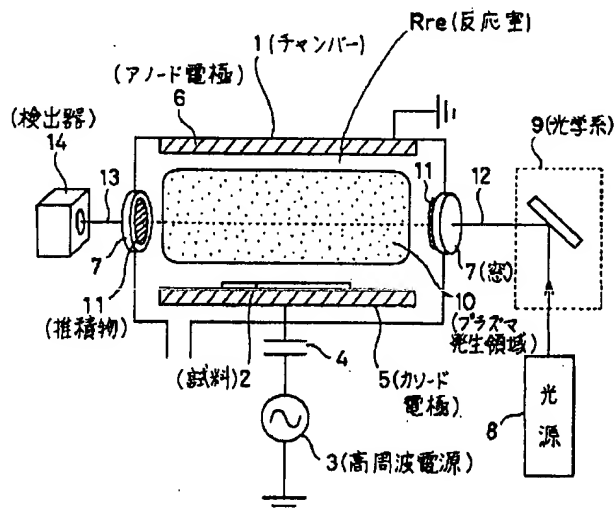
(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54) 【発明の名称】 チャンバー内の堆積物のモニター方法, プラズマ加工方法, ドライクリーニング方法及び半導体製造装置

(57) 【要約】

【課題】 ドライエッチング, プラズマCVD等のプラズマを利用した加工を行う際のプロセス管理及びプロセス制御を改善する。

【解決手段】 例えばドライエッチング工程において、エッチング副生成物より形成されるチャンバー1の内壁面に付着した堆積物11に含まれる特定原子間の結合を、赤外線を用いて観察する。モニター用光源8で発生した入射赤外線12を堆積物11に照射し、堆積物11を通過した通過赤外線13の吸収スペクトルを赤外線検出器14で検出する。これにより、チャンバー1内の正確な情報を得ることができ、エッチング特性のパラツキやパーティクル発生などによる歩留まり低下を防止できる。また、それぞれの赤外吸収スペクトルの特定の変化量を基準にして、メンテナンス周期の最適化を行なうことにより、装置稼働率を向上させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャンバーの一部に、光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓を形成しておき、上記チャンバーの外部から上記電磁波用窓を介して上記電磁波を上記チャンバー内に入射させ、上記チャンバー内の堆積物を通過した電磁波をチャンバーの外部に取り出し、取り出された上記電磁波の上記堆積物による吸収を検知することにより、上記堆積物の状態をモニターすることを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項2】 請求項1記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記チャンバーの相対向する2つの部位に第1、第2の電磁波用窓を形成し、上記第1の電磁波用窓を介して上記チャンバー内に入射させた電磁波を上記第2の電磁波用窓を介してチャンバー外に取り出すことを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項3】 請求項2記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記電磁波を上記第1の電磁波用窓を通過させてチャンバー内に導入し、上記第1、第2の電磁波用窓の間に位置する上記チャンバーの内壁面上の堆積物に入射させた後、この堆積物を経て反射される電磁波を上記第2の電磁波用窓を通過させてチャンバー外に取り出すことを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項4】 請求項1記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記チャンバーの一部に、外方に突出し先端部が閉鎖された筒状観測部を設けて、上記筒状観測部の側部の相対向する2か所に第1、第2の電磁波用窓を形成し、上記筒状観測部の側部の上記第1の電磁波用窓を介して電磁波をチャンバー内に入射させ、上記筒状観測部の先端部の内面上の堆積物を経て反射される電磁波を上記第2の電磁波用窓を介して上記チャンバー外に取り出すことを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項5】 請求項1記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記堆積物の状態のモニターは、上記電磁波用窓の外側から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させ、その時に上記電磁波用窓の内面上の上記堆積物にしみだして上記堆積物による吸収を受けた電磁波を用いて行なわれることを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項6】 請求項1、2、3、4又は5記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記堆積物は、炭素及び珪素のうち少なくともいずれか1つとハロゲン元素との重合物であり、上記電磁波は赤外線であって、上記堆積物内を通過した赤外線の吸収スペクトルを検出することにより、上記堆

積物の状態をモニターすることを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項7】 請求項6記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記赤外線の吸収スペクトルのうち波数 2000 cm^{-1} 以下の吸収スペクトルを検出することを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項8】 請求項7記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記堆積物は、シリコンで構成される被加工物をプラズマ加工する際に生じるものであり、上記赤外線の吸収スペクトルのうち波数 $1450\sim 1400\text{ cm}^{-1}$ の範囲の吸収スペクトルを検出することを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項9】 請求項7記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記堆積物は、酸化シリコンで構成される被加工物の加工の際に生じるものであり、上記赤外線の吸収スペクトルのうち波数 $1300\sim 800\text{ cm}^{-1}$ の範囲の吸収スペクトルを検出することを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項10】 請求項1、2、3、4、5、6、7、8又は9記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、

上記チャンバーは、ドライエッチング、プラズマCVD、プラズマアッシング、プラズマ酸化、不純物ドーピング及びプラズマアシステッドエピタキシーのうち少なくとも1つを行なうように構成されていることを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項11】 請求項1、2、3、4又は5記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記堆積物を経た電磁波の総量を検出することにより上記堆積物の状態をモニターすることを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項12】 請求項1、2、3、4又は5記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記チャンバーは、プラズマ加工を行なうように構成されており、

上記堆積物の状態のモニターは、チャンバー内のプラズマからの発光強度の変化を検出して、プラズマ加工の開始時における発光強度の初期値が一定値になるように発光強度の検出感度を校正した後この校正された発光強度の変化からプラズマ加工のプロセスを制御する際に、発光強度の検出感度を校正するために行なわれることを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項13】 請求項12記載のチャンバー内の堆積物のモニター方法において、上記プラズマ加工のプロセスの制御は、ドライエッチングを終了すべき点を判断する制御であることを特徴とするチャンバー内の堆積物のモニター方法。

【請求項14】 請求項1, 2, 3, 4又は5記載のチャンパー内の堆積物のモニター方法において、上記堆積物の状態のモニターは、チャンパーのメンテナンス時期を判断するために行なうことを特徴とするチャンパー内の堆積物のモニター方法。

【請求項15】 チャンパーと、該チャンパーの一部に設けられチャンパー内のプラズマから発光される光を検出するためのプラズマ用窓を有するプラズマ加工装置を用いて行なうプラズマ加工方法であって、上記チャンパー内に被加工物を設置する第1のステップと、

上記チャンパー内に、プラズマ加工の際に堆積物を生ぜしめる特性を有する加工用ガスを導入する第2のステップと、

導入された加工用ガスを高周波電界により電離させて、上記チャンパー内にプラズマを発生させ、上記プラズマを利用して上記被加工物の加工を行なう第3のステップと、

上記加工を行ないながら、上記プラズマ用窓を介してチャンパー内のプラズマの発光強度を検出し、プラズマ加工を行なう時の発光強度の初期値が一定値になるよう発光強度の検出感度を校正した後、校正された発光強度の変化に応じてプラズマ加工のプロセスを制御する第4のステップとを備えていることを特徴とするプラズマ加工方法。

【請求項16】 請求項15記載のプラズマ加工方法において、

上記チャンパーの一部に、光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓を形成しておき、

上記第4のステップでは、上記チャンパーの外部から上記電磁波用窓を介して上記電磁波を上記チャンパー内に入射させ、上記チャンパー内の堆積物を通過した電磁波をチャンパーの外部に取り出して、取り出された電磁波の上記堆積物による吸収量を検知するとともに、この吸収量に応じて上記発光強度の検出感度の校正を行なうことを特徴とするプラズマ加工方法。

【請求項17】 請求項16記載のプラズマ加工方法において、

上記第4のステップにおける堆積物の状態のモニターは、上記電磁波用窓の外側から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させ、その時に上記電磁波用窓の内面上の上記堆積物にしみだして上記堆積物による吸収を受けた電磁波を用いて行なわれることを特徴とするプラズマ加工方法。

【請求項18】 請求項15, 16又は17記載のプラズマ加工方法において、

上記第3のステップにおけるプラズマ加工はドライエッチングであり、上記第3のステップにおけるプラズマ加工の制御は、ドライエッチングの終点を判断するための

制御であることを特徴とするプラズマ加工方法。

【請求項19】 請求項18記載のプラズマ加工方法において、

上記第3のステップにおける発光強度の検出感度を校正する際のゲインが一定値を越えたときには、チャンパー内のメンテナンスを行なう時期と判断することを特徴とするプラズマ加工方法。

【請求項20】 請求項16又は17記載のプラズマ加工方法において、

上記第3のステップにおける発光強度の検出感度を校正する際のゲインが一定値を越えた時、上記電磁波の上記堆積物による吸収量が所定値を越えた時のうちいずれか早い時にチャンパー内のメンテナンスを行なう時期と判断することを特徴とするプラズマ加工方法。

【請求項21】 請求項16又は17記載のプラズマ加工方法において、

上記第3のステップにおけるプラズマ加工はドライエッチングであり、

上記被加工物と加工用ガスとの組み合わせが、炭素及び珪素のうち少なくともいずれか1つとハロゲン元素との重合物を生ぜしめるものであることを特徴とするプラズマ加工方法。

【請求項22】 光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓を有するチャンパーのドライクリーニング方法であって、

上記チャンパー内にクリーニング用ガスを導入する第1のステップと、

上記チャンパーの内面上の堆積物を上記クリーニングガスによって除去する第2のステップと、

上記第2のステップを行ないながら、上記チャンパーの外部から上記電磁波用窓を介して上記電磁波を上記チャンパー内に入射させ、上記チャンパー内の堆積物を通過した電磁波を上記チャンパーの外部に取り出し、取り出された電磁波の上記堆積物による吸収量を検知することにより、上記堆積物の状態をモニターする第3のステップとを備え、

上記第3のステップで検知された上記堆積物による電磁波の吸収量が所定値以下になると、上記第2のステップを終了することを特徴とするドライクリーニング方法。

【請求項23】 請求項22記載のドライクリーニング方法において、

上記堆積物の状態のモニターは、上記電磁波用窓の外側から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させ、その時に上記電磁波用窓の内面上の上記堆積物にしみだして上記堆積物による吸収を受けた電磁波を用いて行なわれることを特徴とするドライクリーニング方法。

【請求項24】 チャンパーと、

上記チャンパーの一部に設けられ、光、X線、電子線を

含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓と、

上記電磁波を発生するための電磁波発生手段と、
上記チャンバー内の堆積物を通過した電磁波の上記堆積物による吸収を検出する電磁波検出手段と、
上記電磁波発生手段で発生された電磁波を上記電磁波用窓を介して上記堆積物内に導入した後堆積物内を通過させ、チャンバーの外部に取り出して上記電磁波検出手段に入射させるように電磁波の伝達経路を調整する伝達経路調整手段とを備えていることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項25】 請求項24記載の半導体製造装置において、

上記電磁波発生手段は、赤外線を発生するものであり、
上記電磁波検出手段は、赤外線の吸収スペクトルを検出する赤外線検出装置であることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項26】 請求項24又は25記載の半導体製造装置において、

上記電磁波用窓は、上記チャンバーの相対向する2つの部位に設けられた第1、第2の電磁波用窓であり、
上記伝達経路調整手段は、上記電磁波発生手段で発生された電磁波を上記第1の電磁波用窓に付着した堆積物を通過させてチャンバー内に導入し、上記第2の電磁波用窓を介して取り出して上記電磁波検出手段に入射させることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項27】 請求項24又は25記載の半導体製造装置において、

上記電磁波用窓は、上記チャンバーの相対向する2つの部位に設けられた第1、第2の電磁波用窓であり、
上記伝達経路調整手段は、上記電磁波発生手段で発生された電磁波を上記第1の電磁波用窓を通過させてチャンバー内に導入し、上記チャンバーの内壁面の各電磁波用窓間の任意の部位に付着した堆積物に照射して、この堆積物から反射される電磁波を上記第2の電磁波用窓を介して上記筒状観測部外に取り出して上記電磁波検出手段に到達させることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項28】 請求項24記載の半導体製造装置において、

上記チャンバーの上記チャンバーの一部に、チャンバーを構成する壁面の一部が突出し、先端部が閉鎖されてなる筒状観測部が設けられており、
上記電磁波用窓は上記筒状観測部の側部の相対向する2か所に取り付けられた第1、第2の電磁波用窓であり、
上記伝達経路調整手段は、上記筒状観測部の側部の上記第1の電磁波用窓を介して電磁波を筒状観測部内に入射させ、先端部の内面上の堆積物を経て反射される電磁波を上記第2の電磁波用窓を介して上記筒状観測部外に取り出して上記電磁波検出手段に到達させることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項29】 請求項28記載の半導体製造装置において、

上記筒状観測部は、一部位において着脱自在に構成されていることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項30】 請求項24記載の半導体製造装置において、

上記伝達経路調整手段は、上記電磁波用窓の外側から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させ、その時に上記電磁波用窓の内面上の上記堆積物にしみだして上記堆積物による吸収を受けた電磁波を電磁波用窓の外側に取り出して上記電磁波検出手段に入射させることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項31】 請求項24、25、26、27、28、29又は30記載の半導体製造装置において、

上記伝達経路調整手段は、通過する電磁波の波数を被加工物の種類に応じて定められる所定の範囲に制限するためのフィルターを有することを特徴とする半導体製造装置。

【請求項32】 チャンバーと、

上記チャンバーに導入されたガスを高周波電界により電離させプラズマを生成するプラズマ生成手段と、
上記チャンバーに設けられ、チャンバー内のプラズマから発光される光の透過が可能なプラズマ用窓と、
上記プラズマ用窓を介してチャンバー内のプラズマの発光強度を検出する発光強度検出手段と、
該発光強度検出手段の出力を受け、プラズマ加工を行なう時の発光強度の初期値が一定値になるように発光強度の検出感度を校正した後、校正された発光強度の変化に応じてプラズマ加工のプロセスを制御するプロセス制御手段とを備えていることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項33】 請求項32記載の半導体製造装置において、

上記プロセス制御手段は、ドライエッチングの終了時期を判断する制御を行なうことを特徴とする半導体製造装置。

【請求項34】 請求項32又は33記載の半導体製造装置において、

上記チャンバーの一部に形成され、光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓と、

上記電磁波を発生するための電磁波発生手段と、
上記チャンバー内の堆積物を通過した電磁波の上記堆積物による吸収量を検出する電磁波検出手段と、
上記電磁波発生手段で発生された電磁波を上記電磁波用窓を介して上記チャンバー内の堆積物内に導入した後堆積物内を通過させ、チャンバーの外部に取り出して上記電磁波検出手段に入射させるように電磁波の伝達経路を調整する伝達経路調整手段と、
上記電磁波検出手段で検出された上記電磁波の上記堆積物による吸収量を上記プロセス制御手段に入力させるデ

ータ転送手段とをさらに備え、

上記プロセス制御手段は、上記データ転送手段により転送された上記電磁波の上記堆積物による吸収量に応じて上記発光強度の検出感度を校正することを特徴とする半導体製造装置。

【請求項35】 請求項33又は34記載の半導体製造装置において、

上記伝達経路調整手段は、上記電磁波用窓の外方から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させた後電磁波用窓の外方に射出させるように電磁波の伝達経路を調整することを特徴とする半導体製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマを利用してエッチング、CVD等の加工を行うプラズマ加工装置内の堆積物のモニター方法、プラズマ加工方法、ドライクリーニング方法及びプラズマ加工装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置の微細化に伴い設備投資が増大するという問題が顕著化している。設備投資した費用の回収を含め、効率的に利益を上げるには、製造プロセスに要するコストの低減と製造プロセスにおける歩留まりの向上とが必要不可欠である。特に、半導体装置の製造プロセスにおいては、個々のプロセス自体の複雑化と製造装置の複雑化とが進み、そのプロセスの管理方法及びプロセスの制御方法の改良が大きな課題となっている。ここで、例えば半導体装置の製造プロセスで導電膜や絶縁膜のパターニングに利用されるドライエッチングにおけるプロセスの管理方法やプロセスの制御方法としては、以下のような技術が用いられている。

【0003】ドライエッチングの場合、プロセスの管理方法としてドライエッチング装置の定期的メンテナンスはウェハの処理枚数（ロット数）を基準として行なわれている。つまり、量産プロセスでは、チャンバー内のパーティクルの数が処理枚数とともに増大することを考慮して、必要なエッチング性能を満足するために経験的に設定された処理枚数に達するとドライエッチング装置の定期メンテナンスを行なっている。また、プラズマCVD等の他のプラズマを利用した加工においても、同様のプロセス制御やプロセス管理が行なわれている。

【0004】また、ドライエッチングの場合、例えば半導体デバイス内のある膜を除去するような時に当該膜の除去が完了すると、被加工物質がなくなることによってプラズマ中の特定粒子の発光強度が変化するので、この変化量がある一定値以上になったときをドライエッチングの終了時期と判断する制御を行なっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のドライエッチングプロセスの制御方法では、下記の

問題がある。

【0006】ある特定の粒子からの発光線をモニターしても、それがチャンパー内全体の状態を代表しているわけではない。例えば、処理枚数（処理ロット数）の増大に伴うチャンパーの内壁面の状態の経時変化が生じるが、プラズマパラメータも変動する。そして、プラズマパラメータが変動することで、エッチング特性の変動が生じ、現実の状態に適合したプロセスの制御が行われなくなると、工程上の歩留まりが低下する。例えば、ドライエッチングにおいて、チャンパーの内壁面に付着する堆積物の状態が変化するとプラズマ中の特定の活性種の濃度（密度）が変化し、エッチングレートが変動したり、エッチング選択比が低下する。このようなエッチング特性の劣化のため、突発的な加工不良などが発生していた。

【0007】また、上記従来のドライエッチングの管理方法については、下記の問題がある。

【0008】上記従来の定期メンテナンスを行うか否かの判断は、理論的な裏付けによるものではなく、ウェハの処理枚数という経験的なパラメータによっているために、正確に所期の目的を達成することが困難であった。例えば、しばしば不必要なメンテナンスを行うことがある。また、パーティクル数のチェックやエッチング速度のチェック等のために、モニター用ウェハについてドライエッチングを行い、各種チェックを行っているが、その処理時間などにより装置の稼働率が低下することになる。

【0009】上述のような問題は、ドライエッチングだけでなく、プラズマCVD等、プラズマを利用した加工や、プラズマを利用しないCVDやスパッタリング等のチャンパーの内壁面に堆積物を生ぜしめる加工全般に当てはまるものである。

【0010】また、プラズマ加工によってチャンパーの内壁面に付着した堆積物を除去するためにクリーニングガスをチャンパー内に流すドライクリーニングを行う際にも、従来は経験に基づいたクリーニング時間設定がなされており、必ずしも最適な時間設定ではなかった。そのため、ドライクリーニングを行ったにもかかわらず、クリーニング後において、パーティクル数カウントが規格内にならず、再度クリーニングを行うなど、効率が低く、装置稼働率の低下の一因となっている。

【0011】さらに、ドライエッチングの終点の検出は、一般的には観測用の窓を通して行なわれるが、この観測用窓の内面に付着した堆積物によって観測光の強度が低下するので、正確な判定を行なうことができないと言う問題もあった。

【0012】本発明の第1の目的は、チャンパーの内壁面に堆積物を生ぜしめるような加工に使用されるチャンパーに対し、チャンパー内を開放することなくチャンパーの内壁面に付着する堆積物の状態をモニターする手段

を講ずることにある。

【0013】本発明の第2の目的は、プラズマ状態を観察しながらドライエッチングを行なう場合に、観察用窓に付着した堆積物によるドライエッチングの終了時期の誤判断を回避する手段を講ずることにある。

【0014】本発明の第3の目的は、チャンバー内を開放することなくチャンバーの内壁面に付着する堆積物を除去するドライクリーニングを行なうに際し、クリーニング時間の最適化と高効率のメンテナンスとを実現することにある。

【0015】本発明の第4の目的は、上述のような3つの目的を達成するために使用できる半導体製造装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明では、請求項1～14に記載されるチャンバー内の堆積物のモニター方法に関する手段を講じている。

【0017】請求項1に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、チャンバーの一部に、光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓を形成しておき、上記チャンバーの外部から上記電磁波用窓を介して上記電磁波を上記チャンバー内に入射させ、上記チャンバー内の堆積物を通過した電磁波をチャンバーの外部に取り出し、取り出された上記電磁波の上記堆積物による吸収を検知することにより、上記堆積物の状態をモニターする方法である。

【0018】チャンバーの内壁面に付着した堆積物を構成する物質内には、その物質特有の原子間結合が存在する。そして、その結合状態は結合にあずかる電子のエネルギー状態で代表される。この電子のエネルギー状態は、振動、伸縮、変角モードなどと表現される。量子力学的制約によりその電子状態は不連続的なエネルギー値しか有し得ないが、各々のエネルギーレベルがそれぞれ非常に近接しているため、大半の電子状態は一つのバンドとみなしうるエネルギーバンドを形成する。そして、電磁波が堆積物を構成する化合物に入射されると、当該化合物内の各原子間の結合エネルギー状態を規定するバンドギャップに相当するフォトンが吸収される。例えば、堆積物内にC原子とBr原子との結合が存在する場合、 $1450 \sim 1400 \text{ cm}^{-1}$ のエネルギーバンド間ギャップがあり、その領域のフォトンが吸収されて高エネルギー状態にシフトすることになる。したがって、入射した電磁波のスペクトルと、堆積物を通過した後の電磁波のスペクトルを比較すると、スペクトルのある範囲に吸収が観測される。したがって、この電磁波の吸収に関する情報を検出することで、チャンバーの内壁面に付着した堆積物の結合状態及びその総量（膜厚）の時間変化に関する情報が得られることになる。

【0019】すなわち、チャンバーの内壁面に付着した堆積物の厚み等をモニターすることにより、プラズマ加工を行なう際などに、チャンバー内でパーティクルが発生することに起因するトラブルや、加工条件のバラツキや稼働率の低下等を防止するための手段を適切なタイミングで講ずることができる。

【0020】請求項2に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項1において、上記チャンバーの相対向する2つの部位に第1、第2の電磁波用窓を形成し、上記第1の電磁波用窓を介して上記チャンバー内に入射させた電磁波を上記第2の電磁波用窓を介してチャンバー外に取り出す方法である。

【0021】この方法により、チャンバー内の2か所における堆積物に関する情報が得られるので、堆積物の厚み等の検出精度が向上する。

【0022】請求項3に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項2において、上記電磁波を上記第1の電磁波用窓を通過させてチャンバー内に導入し、上記第1、第2の電磁波用窓の間に位置する上記チャンバーの内壁面上の堆積物に入射させた後、この堆積物を経て反射される電磁波を上記第2の電磁波用窓を通過させてチャンバー外に取り出す方法である。

【0023】この方法により、堆積物に関する情報が3か所から得られるので、さらに検出精度が向上する。

【0024】請求項4に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項1において、上記チャンバーの一部に、外方に突出し先端部が閉鎖された筒状観測部を設けて、上記筒状観測部の側部の相対向する2か所に第1、第2の電磁波用窓を形成し、上記筒状観測部の側部の上記第1の電磁波用窓を介して電磁波をチャンバー内に入射させ、上記筒状観測部の先端部の内面上の堆積物を経て反射される電磁波を上記第2の電磁波用窓を介して上記チャンバー外に取り出す方法である。

【0025】この方法により、チャンバー内のプラズマ発生領域を通過していない電磁波を利用して、堆積物に関する情報が得られる。したがって、プラズマから発生する光等の影響を受けることなく堆積物の厚み等の検出を行なうことができ、使用し得る電磁波の種類についての制限が緩和され、かつ検出精度も向上する。

【0026】請求項5に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項1において、上記堆積物の状態のモニターは、上記電磁波用窓の外側から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させ、その時に上記電磁波用窓の内面上の上記堆積物にしみだして上記堆積物による吸収を受けた電磁波を用いて行なわれる方法である。

【0027】この方法により、堆積物を検知するための電磁波用窓に特別な工夫を要することなく、堆積物の状態をモニターできる。一般的に、第1の媒質を進む電磁波が第2の媒質との境界面で全反射される際、電磁波の

一部はエバネッセント波となって第2の媒質にしみ出した後、第1の媒質の側に反射されることが知られている。したがって、電磁波用窓の内面上の堆積物にしみ出したエバネッセント波が堆積物との相互作用によって受ける吸収に関する情報を検出することで、堆積物の種類や堆積厚み等を知ることができる。

【0028】請求項6に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項1、2、3、4又は5において、上記堆積物は、炭素及び珪素のうち少なくともいずれか1つとハロゲン元素との重合物であり、上記電磁波は赤外線であって、上記堆積物内を通過した赤外線の吸収スペクトルを検出することにより、上記堆積物の状態をモニターする方法である。

【0029】この方法により、入射される赤外線のスペクトルと堆積物を経た赤外線の吸収スペクトルとが比較され、得られた堆積物による吸収スペクトルの比較結果に基づいて堆積物の厚み等が観測される。一方、半導体装置の製造工程で多く行われるシリコン酸化膜、ポリシリコン膜等のエッチング、CVD等で生じる堆積物は、炭素及び珪素のうち少なくともいずれか1つとハロゲン元素との重合物であることが知られている。そして、この堆積物のエネルギーバンド間のエネルギーギャップ値に相当する電磁波の波長は赤外線領域である。したがって、最も簡便に使用できる赤外線を利用して、プラズマ加工によって生じた堆積物の状態を正確にモニターすることが可能となる。

【0030】請求項7に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項6において、上記赤外線の吸収スペクトルのうち波数 2000 cm^{-1} 以下の吸収スペクトルを検出する方法である。

【0031】請求項8に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項7において、上記堆積物は、シリコンで構成される被加工物をプラズマ加工する際に生じるものであり、上記赤外線の吸収スペクトルのうち波数 $1450\sim 1400\text{ cm}^{-1}$ の範囲の吸収スペクトルを検出する方法である。

【0032】請求項7又は8の方法により、シリコン単結晶やポリシリコン膜等のプラズマ加工で生じる堆積物のエネルギーバンド間のエネルギーギャップ値に相当する波数領域の赤外線のみを検出して、極めて迅速かつ正確にプラズマ加工工程における堆積物の状態を把握することが可能になる。

【0033】請求項9に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項7において、上記堆積物は、酸化シリコンで構成される被加工物の加工の際に生じるものであり、上記赤外線の吸収スペクトルのうち波数 $1300\sim 800\text{ cm}^{-1}$ の範囲の吸収スペクトルを検出する方法である。

【0034】この方法により、シリコン酸化膜のプラズマ加工で生じる堆積物のエネルギーバンド間のエネルギ

ギャップ値に相当する波数領域の赤外線のみを検出して、極めて迅速にプラズマ加工工程における堆積物の状態を把握することが可能になる。

【0035】請求項10に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8又は9において、上記チャンバーは、ドライエッチング、プラズマCVD、プラズマアッシング、プラズマ酸化、不純物ドーピング及びプラズマアシステッドエピタキシーのうち少なくとも1つを行なうように構成されている方法である。

【0036】この方法により、半導体装置の製造工程で行われるプラズマを利用した各種の加工に対して、上述の作用が得られることになる。

【0037】請求項11に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項1、2、3、4又は5において、上記堆積物を経た電磁波の総量を検出することにより上記堆積物の状態をモニターする方法である。

【0038】この方法により、電磁波の総量を比較することで、迅速かつ正確に堆積物の厚みをモニターすることが可能となる。

【0039】請求項12に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項1、2、3、4又は5において、上記チャンバーは、プラズマ加工を行なうように構成されており、上記堆積物の状態のモニターを、チャンバー内のプラズマからの発光強度の変化を検出して、プラズマ加工の開始時における発光強度の初期値が一定値になるように発光強度の検出感度を校正した後、この校正された発光強度の変化からプラズマ加工のプロセスを制御する際に、発光強度の検出感度を校正するために行なう方法である。

【0040】請求項13に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項12において、上記プラズマ加工のプロセスの制御は、ドライエッチングを終了すべき点を判断する制御である方法である。

【0041】請求項12又は13の方法により、チャンバー内の堆積物の状態をモニターしながら、堆積物に関する正確な情報に基づいてプラズマ加工のプロセス制御が行なわれる。したがって、ドライエッチングの終了時期等について、より信頼度の高いプラズマ加工のプロセス制御を行なうことができる。

【0042】請求項14に係るチャンバー内の堆積物のモニター方法は、請求項1、2、3、4又は5において、上記堆積物の状態のモニターを、チャンバーのメンテナンス時期を判断するために行なう方法である。

【0043】この方法により、モニターウェハを設置してパーティクル数をカウントすることによる手間の繁雑さを招くこともなく、ウェハの処理枚数でメンテナンス時期を経験的に判断することによる誤差を招くことなく、メンテナンス時期を正確に判断することができる。そして、そのことにより、メンテナンス周期を延ばすこ

とができ、チャンバーの稼働率を向上させることができる。

【0044】上記第2の目的を達成するために、本発明では、請求項15～21に記載されるプラズマ加工方法に関する手段を講じている。

【0045】請求項15に係るプラズマ加工方法は、チャンバーと、該チャンバーの一部に設けられチャンバー内のプラズマから発光される光を検出するためのプラズマ用窓を有するプラズマ加工装置を用いて行なうプラズマ加工方法であって、上記チャンバー内に被加工物を設置する第1のステップと、上記チャンバー内に、プラズマ加工の際に堆積物を生ぜしめる特性を有する加工用ガスを導入する第2のステップと、導入された加工用ガスを高周波電界により電離させて、上記チャンバー内にプラズマを発生させ、上記プラズマを利用して上記被加工物の加工を行なう第3のステップと、上記加工を行ないながら、上記プラズマ用窓を介してチャンバー内のプラズマの発光強度を検出し、プラズマ加工を行なう時の発光強度の初期値が一定値になるよう発光強度の検出感度を校正した後、校正された発光強度の変化に応じてプラズマ加工のプロセスを制御する第4のステップとを備えている。

【0046】この方法により、プラズマ加工を開始する際の発光強度の初期値がロットごとに同じになるように調整されるので、発光強度が変化した場合にその変化後の発光強度がある一定値となったときを基準としてプロセス制御を行なうことができる。したがって、制御が簡素化され、かつ迅速な制御を行なうことができる。

【0047】請求項16に係るプラズマ加工方法は、請求項15において、上記チャンバーの一部に、光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓を形成しておき、上記第4のステップでは、上記チャンバーの外部から上記電磁波用窓を介して上記電磁波を上記チャンバー内に入射させ、上記堆積物を通過した電磁波をチャンバーの外部に取り出して、取り出された電磁波の上記堆積物による吸収量を検知するとともに、この吸収量に応じて上記発光強度の検出感度の校正を行なう方法である。

【0048】請求項17に係るプラズマ加工方法は、請求項16において、上記第4のステップにおける堆積物の状態のモニターを、上記電磁波用窓の外側から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させ、その時に上記電磁波用窓の内面上の上記堆積物にしみだして上記堆積物による吸収を受けた電磁波を用いて行なう方法である。

【0049】請求項16又は17の方法により、チャンバー内の堆積物の状態に応じて発光強度の検出感度が校正されるので、プラズマ加工の進行や処理ウエハの増大に応じて変化する堆積物の状態に応じた信頼性の高いプロセス制御を行なうことができる。

【0050】請求項18に係るプラズマ加工方法は、請求項15、16又は17において、上記第3のステップにおけるプラズマ加工をドライエッチングとし、上記第3のステップにおけるプラズマ加工の制御を、ドライエッチングの終点を判断するための制御とする方法である。

【0051】この方法により、ドライエッチングの終了時期の正確な判断が可能となるので、オーバーエッチング量の低減による下地の損傷を緩和でき、かつ加工不良の発生を防止することができる。

【0052】請求項19に係るプラズマ加工方法は、請求項18において、上記第3のステップにおける発光強度の検出感度を校正する際のゲインが一定値を越えたときには、チャンバー内のメンテナンスを行なう時期と判断する方法である。

【0053】この方法により、プラズマ加工のプロセス制御に支障をきたす前にチャンバーの堆積物を除去するためのメンテナンスを行なうことができる。

【0054】請求項20に係るプラズマ加工方法は、請求項16又は17において、上記第3のステップにおける発光強度の検出感度を校正する際のゲインが一定値を越えた時、上記電磁波の上記堆積物による吸収量が所定値を越えた時のうちいずれか早い時にチャンバー内のメンテナンスを行なう時期と判断する方法である。

【0055】この方法により、プラズマ加工のプロセス制御に支障をきたしたり、プラズマ加工の被加工物中へのパーティクルの混入を招く前にメンテナンスを行なうことが可能となるので、メンテナンス周期を最大限延ばしながら、プラズマ加工のプロセス制御の信頼性を高めることができる。

【0056】請求項21に係るプラズマ加工方法は、請求項16又は17において、上記第3のステップにおけるプラズマ加工をドライエッチングとし、上記被加工物と加工用ガスとの組み合わせを、炭素及び珪素のうち少なくともいずれか1つとハロゲン元素との重合物を生ぜしめるものとする方法である。

【0057】この方法により、CH₄ ガス、CHF₃ ガス等を用いて行なわれるポリシリコン膜やシリコン酸化膜のドライエッチングの際に生じる堆積物の状態をモニターしながら、プラズマ加工を行なうことができる。例えば、ポリシリコン膜をドライエッチングする場合、一般にエッチングガスとしては、HBr ガスやCl₂ ガスなどのエッチングガスが使用される。これらのガスを使用したドライエッチングでは、プラズマにより生成されたBrやClの活性種が被加工物の表面のSi原子に付着し、同時にプラズマ中で形成されたClイオンなどが被加工物内に入射すると、その運動エネルギーが熱エネルギーに変換されて、化学反応を促進するリアクティブイオンエッチング(RIE)が起こる。この時、例えばSiとBrとが反応するとSiBr_x (x=1～4) が

生成され、レジスト膜からスパッタされたCとBrとが反応すると、CとBrとを含む化合物が生成される。SiBr_xや、CとBrとを含む化合物等はプラズマ領域中に戻り、その後、チャンバーの内壁面に拡散して行き、これらの化合物が重合してなるポリマーがチャンバーの内壁面に付着し、堆積物となる。したがって、ドライエッチングの際に生じる堆積物の状態を確実にモニターすることができる。

【0058】上記第3の目的を達成するために、本発明では、請求項22、23に記載されるドライクリーニング方法に関する手段を講じている。

【0059】請求項22に係るドライクリーニング方法は、光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓を有するチャンバーのドライクリーニング方法であって、上記チャンバー内にクリーニング用ガスを導入する第1のステップと、上記チャンバーの内面上の堆積物を上記クリーニングガスによって除去する第2のステップと、上記第2のステップを行ないながら、上記チャンバーの外部から上記電磁波用窓を介して上記電磁波を上記チャンバー内に入射させ、上記堆積物を通過した電磁波を上記チャンバーの外部に取り出し、取り出された電磁波の上記堆積物による吸収量を検知することにより、上記堆積物の状態をモニターする第3のステップとを備え、上記第3のステップで検知された上記堆積物による電磁波の吸収量が所定値以下になると、上記第2のステップを終了する方法である。

【0060】請求項23に係るドライクリーニング方法は、請求項22において、上記堆積物の状態のモニターを、上記電磁波用窓の外側から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させ、その時に上記電磁波用窓の内面上の上記堆積物にしみだして上記堆積物による吸収を受けた電磁波を用いて行なう方法である。

【0061】請求項22又は23の方法により、プラズマ加工によってチャンバーの内壁面に付着した堆積物をクリーニングガスを使用して除去する際にも、チャンバーの雰囲気はクリーニング用雰囲気に保持したままで、堆積物の残存量の時間変化が把握される。したがって、適切なクリーニングプロセスの終了時を検出することが可能となり、無駄なクリーニングを行ったり、クリーニング不足を生じる等の不具合を防止することができる。

【0062】上記第4の目的を達成するために、本発明では、請求項24～35に記載される半導体製造装置に関する手段を講じている。

【0063】請求項24に係る半導体製造装置は、チャンバーと、上記チャンバーの一部に設けられ、光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓と、上記電磁波を発生するための電磁波発生手段と、上記チャンバー内の堆積物を通過した電磁波の上記堆積物による吸収に関する

情報を検出する電磁波検出手段と、上記電磁波発生手段で発生された電磁波を上記電磁波用窓を介して上記堆積物内に導入した後堆積物内を通過させ、チャンバーの外部に取り出して上記電磁波検出手段に入射させるように電磁波の伝達経路を調整する伝達経路調整手段とを備えている。

【0064】この構成により、伝達経路調整手段を介して電磁波検出手段に入射される電磁波は、堆積物との相互作用によって、堆積物に入射する前とは特性が変化している。したがって、堆積物を通過する前後の電磁波の特性の比較によって堆積物の状態が正確に把握されることになる。そして、半導体製造装置をCVD、プラズマCVD、ドライエッチング等に使用した場合に、チャンバー内の堆積物をモニターすることで、堆積物に関する情報をプロセス制御やメンテナンスに利用することが可能になる。

【0065】請求項25に係る半導体製造装置は、請求項24において、上記電磁波発生手段を赤外線を発生するものとし、上記電磁波検出手段を赤外線の吸収スペクトルを検出する赤外線検出装置としたものである。

【0066】この構成により、X線や電子線に比べてより安価で取扱いが容易な赤外線を利用して、プラズマ加工中における堆積物の状態をモニターすることが可能になる。

【0067】請求項26に係る半導体製造装置は、請求項24又は25において、上記電磁波用窓を上記チャンバーの相対向する2つの部位に設けられた第1、第2の電磁波用窓とし、上記伝達経路調整手段により、上記電磁波発生手段で発生された電磁波を上記第1の電磁波用窓に付着した堆積物を通過させてチャンバー内に導入し、上記第2の電磁波用窓を介して取り出して上記電磁波検出手段に入射させるように構成したものである。

【0068】この構成により、入射した電磁波が2つの窓の内壁面に付着した堆積物を通過して、堆積物との相互作用による吸収を受けた後電磁波検出手段に到達する。したがって、電磁波が2か所の堆積物を通過することで検出精度が向上する。

【0069】請求項27に係る半導体製造装置は、請求項24又は25において、上記電磁波用窓を、上記チャンバーの相対向する2つの部位に設けられた第1、第2の電磁波用窓とし、上記伝達経路調整手段により、上記電磁波発生手段で発生された電磁波を上記第1の電磁波用窓を通過させてチャンバー内に導入し、上記チャンバーの内壁面の各電磁波用窓間の任意の部位に付着した堆積物に照射して、この堆積物から反射される電磁波を上記第2の電磁波用窓を介して上記筒状観測部外に取り出して上記電磁波検出手段に到達させるように構成したものである。

【0070】この構成により、チャンバー内に入射した電磁波がチャンバー内壁面に付着した堆積物に照射され

堆積物との相互作用による吸収を受けた後反射されて、電磁波検出手段に到達する。したがって、伝達経路調整手段の調整によりチャンバー内壁面の任意の部位における堆積物の状態をモニターすることができる。しかも、3か所における堆積物をモニターすることで、より確実にチャンバー内環境を把握することが可能になる。

【0071】請求項28に係る半導体製造装置は、請求項24において、上記チャンバーの上記チャンバーの一部に、チャンバーを構成する壁面の一部が突出し、先端部が閉鎖されてなる筒状観測部を設け、上記電磁波用窓を上記筒状観測部の側部の相対向する2か所に取り付けられた第1、第2の電磁波用窓とし、上記伝達経路調整手段により、上記筒状観測部の側部の上記第1の電磁波用窓を介して電磁波を筒状観測部内に入射させ、先端部の内面上の堆積物を経て反射される電磁波を上記第2の電磁波用窓を介して上記筒状観測部外に取り出して上記電磁波検出手段に到達させるように構成したものである。

【0072】この構成により、観測部の先端部の内壁面に付着した堆積物に入射した電磁波が堆積物との相互作用による吸収を受けた後、チャンバー内部のプラズマ領域を通過することなく、電磁波検出手段に到達する。したがって、プラズマ領域における電磁波の吸収がない分、堆積物による電磁波の吸収を検出する感度が向上する。また、チャンバーの観測部が設けられた側だけに電磁波発生手段、電磁波検出手段、伝達経路調整手段等をまとめることができるので、装置の占有スペースが小さくて済むとともに、伝達経路の調整も極めて容易となる。

【0073】請求項29に係る半導体製造装置は、請求項28において、上記筒状観測部を、一部位において着脱自在に構成したものである。

【0074】この構成により、堆積物の状態をモニターするのに重要な観測部の一部を取り外してメンテナンスを行うことが可能となり、検出精度をより良好に維持できることになる。

【0075】請求項30に係る半導体製造装置は、請求項24において、上記伝達経路調整手段は、上記電磁波用窓の外側から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させ、その時に上記電磁波用窓の内面上の上記堆積物にしみだして上記堆積物による吸収を受けた電磁波を電磁波用窓の外側に取り出して上記電磁波検出手段に入射させる構成としたものである。

【0076】この構成により、電磁波の全反射の際に生じるエバネッセント波を利用して、堆積物を検知するための電磁波用窓に特別な工夫を要することなく、堆積物の状態をモニターすることができる。

【0077】請求項31に係る半導体製造装置は、請求項24、25、26、27、28、29又は30において、上記伝達経路調整手段に、通過する電磁波の波数を

被加工物の種類に応じて定められる所定の範囲に制限するためのフィルターを設けたものである。

【0078】この構成により、被加工物の種類に応じて検知する電磁波の波数領域が制限されるので、電磁波発生手段、電磁波検出手段の構成が簡素となり、極めて実用性の高い装置となる。

【0079】請求項32に係る半導体製造装置は、チャンバーと、上記チャンバーに導入されたガスを高周波電界により電離させプラズマを生成するプラズマ生成手段と、上記チャンバーに設けられ、チャンバー内のプラズマから発光される光の透過が可能なプラズマ用窓と、上記プラズマ用窓を介してチャンバー内のプラズマの発光強度を検出する発光強度検出手段と、該発光強度検出手段の出力を受け、プラズマ加工を行なう時の発光強度の初期値が一定値になるように発光強度の検出感度を校正した後、校正された発光強度の変化に応じてプラズマ加工のプロセスを制御するプロセス制御手段とを備えている。

【0080】請求項33に係る半導体装置は、請求項32において、上記プロセス制御手段によりドライエッチングの終了時期を判断する制御を行なうように構成したものである。

【0081】請求項32又は33の構成により、プラズマの発光強度の変化を利用してドライエッチングの終了時期の判断等のプロセス制御を、簡素な制御構成で迅速に行なうことができる。

【0082】請求項34に係る半導体装置は、請求項32又は33において、上記チャンバーの一部に形成され、光、X線、電子線を含む電磁波のうち少なくともいずれか1つの電磁波の透過が可能な電磁波用窓と、上記電磁波を発生するための電磁波発生手段と、上記電磁波用窓の内面上の堆積物を通過した電磁波の上記堆積物による吸収量を検出する電磁波検出手段と、上記電磁波発生手段で発生された電磁波を上記電磁波用窓を介して上記チャンバー内の堆積物内に導入した後堆積物内を通過させ、チャンバーの外側に取り出して上記電磁波検出手段に入射させるように電磁波の伝達経路を調整する伝達経路調整手段と、上記電磁波検出手段で検出された上記電磁波の上記堆積物による吸収量を上記プロセス制御手段に入力させるデータ転送手段とをさらに備え、上記プロセス制御手段を、上記データ転送手段により転送された上記電磁波の上記堆積物による吸収量に応じて上記発光強度の検出感度を校正するように構成したものである。

【0083】請求項35に係る半導体製造装置は、請求項34において、上記伝達経路調整手段により、上記電磁波用窓の外方から入射した電磁波を上記電磁波用窓の内面で全反射させた後電磁波用窓の外方に出射させるように電磁波の伝達経路を調整するように構成したものである。

【0084】請求項34又は35の構成により、半導体製造装置を利用したプラズマ加工を行なっている際に、変化するチャンバーの内壁面上の堆積物の厚みに応じてプロセス制御が行なわれるので、制御の信頼性が高くなる。

【0085】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態) まず、第1の実施形態について説明する。図1は、第1の実施形態に係るドライエッチング装置の構成を示す縦断面図である。図1において、各符号は各々以下の要素を示す。1は縦型円筒状のチャンバー、2は被加工物であるポリシリコン膜が堆積されたLSI用半導体ウエハ等の試料、3は高周波電源(例えば13.56MHz工業用電源)、4はカップリングコンデンサ、5は試料取付部としても機能するカソード電極、6はアノード電極、7はチャンバー1の側部の相対向する2か所に設けられたモニター用の石英板からなる窓、8は赤外線を発生するモニター用の光源、9は光源8からの赤外線を伝達するための光学系を示す。上記チャンバー1により囲まれた閉空間が反応室Rreである。また、10は反応室Rre内に形成されるプラズマ発生領域、11はエッチング副生成物が窓7の内壁面に堆積して形成される堆積物、12は光学系8を介してチャンバー1内に入射される入射赤外線、13は入射赤外線12が堆積物11を通過した後チャンバー1から出射される通過赤外線、14は通過赤外線13の強度やスペクトルを検知するための検出器を示す。同図に示すように、赤外線は、一方の窓7からチャンバー1内に入り、堆積物を通過した後他方の窓7からチャンバー1外に出て検出器14に到達する伝達経路を進む設計になっており、上記光学系9が伝達経路調整手段として機能する。また、光源8は電磁波発生手段として機能し、検出器は電磁波検出手段として機能し、高周波電源3、カップリングコンデンサ4及び各電極5、6によりプラズマ発生手段が構成されている。

【0086】次に、ドライエッチング方法及び堆積物の膜厚等の観測方法について説明する。まず、エッチングガスであるHBrガス、Cl₂ガスをチャンバー1内に導入し、圧力100mTorrで放電させることで、チャンバー1内にプラズマ発生領域10が形成される。この時に印加する電力は200Wである。これによりプラズマ発生領域10が形成され、エッチング剤として機能する活性種が試料2のポリシリコン膜に入射される。この活性種と試料2の表面にある物質とが反応してできたエッチング副生成物、すなわち堆積物11は主にSiとBrとの化合物であって、これらの一部はチャンバー1から排気されるが、他の部分はチャンバー1の内壁面に付着する。したがって、モニター用の窓7にも付着する。まだエッチングを行っていない初期の状態には、入射赤外線12は強度が減衰することなく窓7を通過するの

で、検出器14で検知される通過赤外線13のスペクトルは、入射赤外線12のスペクトルとほとんど変わらない。

【0087】一方、エッチングを行った回数つまりウエハの処理枚数の増加に伴い、窓7に付着する堆積物11の膜厚は増大する。その結果、入射赤外線12が窓7を通過する際に、そのスペクトルに変化が生じる。すなわち、堆積物11中に存在するSiとBrとの化合物のSi-Br結合等へのフォトンエネルギー伝達が起こり、対応する領域で入射赤外線12の強度が低下するので、観測されるスペクトルの特性が入射赤外線のスペクトルとは変化する。その特性を図2(a)、(b)に示す。図2(a)はチャンバー1内でエッチングを開始する前の通過赤外線13の初期吸収スペクトル、図2

(b)はウエハを1000枚処理した後の通過赤外線13の吸収スペクトルを示す。図2(b)に示されるように、波数1450~1400cm⁻¹の範囲に光の吸収がみられる。

【0088】また、図3(a)は、チャンバー1内のパーティクルのカウント数の変化を示す。パーティクルのカウント数はレーザー光の散乱を利用してサイズが0.3ミクロン以上のものについて計測されている。また、図3(b)は、ポリシリコン膜のエッチング速度の平均値とそのばらつきを示す。図3(b)において、黒丸はエッチング速度の平均値を、エラーバーはそのばらつきをそれぞれ示す。測定はウエハ面内の9点に対して行っている。図3(b)に示されるように、ウエハ処理枚数の増加に伴いパーティクルカウント数が増加し、エッチング速度のばらつきが増大している。約1000枚処理後には、パーティクルカウント数は許容される30個の規格値を超え、また、エッチング速度のばらつきも、約1000枚処理後に±5%の規格を超えている。この時、堆積物による赤外線の総吸収量は約2倍近くなっている。

【0089】その後、パーティクルカウント数が規格外になる状態が続き、吸収量が初期値の2倍を超えたところ(約1300枚)で、メンテナンスを行なった。その結果、図3(a)、(b)に示すように、パーティクルカウント数は約10個程度に減少し、エッチング速度のばらつきも±3%以内まで回復した、また、観測される吸収スペクトルの特性も初期の状態(図2(a)に示す程度)に回復し、したがって、総吸収量も初期の値に回復した。さらに、それ以降、総吸収量が初期の2倍のところまでメンテナンスを行なっていった結果、パーティクルカウント数は図3(a)に示す推移のうち1000枚までの推移を繰り返す、つねに規格内に収まった。また、エッチング特性の一例を示すエッチング速度のばらつきも±5%以内に治まり、装置の稼働率を最大限に向上することができた。

【0090】以上のように、ドライエッチング中におけ

る窓7への堆積物11を赤外線を用いてモニターすることで、一定のエッチング特性を維持・管理することができる。稼働率や工程歩留まりの向上を図ることができる。

【0091】(第2の実施形態)次に、第2の実施形態について説明する。図4は、第2の実施形態に係るドライエッチング装置の構成を示す縦断面図である。図4において、図1と同じ符号は同じ要素等を示す。22は例えば被加工物であるシリコン酸化膜が堆積されたLSI用半導体ウエハ等の試料を示す。また、31はエッチング副生成物による堆積物を示す。同図に示すように、本実施形態のドライエッチング装置は、基本的に第1の実施形態に係るドライエッチング装置と同じ構成となっている。

【0092】以下、本実施形態におけるドライエッチング方法について説明する。まず、チャンバー1内にエッチングガスであるCF₄ガス、CHF₃ガス、Arガスの混合ガスを導入し、圧力60mTorrの下で放電させる。この時の印加する電力は400Wである。これによりプラズマ発生領域10が形成され、エッチング剤として機能する活性種が試料22のシリコン酸化膜に入射する。反応してできたエッチング生成物は主にSiとCの化合物であり、これらの一部はチャンバー1から排気されるが、他の部分はチャンバー1の内壁面に付着し、モニター用の窓7にも堆積物31として付着している。初期の状態(処理を行わない状態)では、通過赤外線13は、窓7を通過してもほとんど強度が減衰していないので、その吸収スペクトル特性は、入射する入射赤外線12のスペクトルの特性とほぼ同様である。

【0093】しかし、処理枚数の増加に伴い、窓7に付着する堆積物31の膜厚が増加する結果、入射赤外線12が窓7を通過する際に、そのスペクトルの特性に変化が生じる。すなわち、堆積物31中に存在するSiとCとの化合物のSi-C結合、あるいはCとFとの化合物中のC-F結合へのエネルギー伝達が起こり、対応する領域で赤外線の強度が低下するので、観測される通過赤外線33のスペクトルの特性が変化する。その特性を図5(a)、(b)に示す。図5(a)は反応室Rre内でエッチングを開始する前の通過赤外線33の初期吸収スペクトル、図5(b)は1000枚処理した後の通過赤外線33の吸収スペクトルを示す。図5(b)に示されるように、波数1300~800cm⁻¹の範囲に光の吸収がみられる。

【0094】したがって、第1の実施形態と同様の方法で、パーティクルカウント数とエッチング速度の変動を計測し、その後、入射赤外線の総吸収量が初期値の約2倍になったところで(約1500枚)メンテナンスを行うことにより、パーティクルカウント数を規格(50個)以上の値から22個程度にまで低減させることができる。また、シリコン酸化膜のエッチングにおいて重要なエッチング特性であるSiO₂とSiの選択比のバラ

ツキも、規格外の12%から、規格内である±10%以内(実際は±7%)まで回復させることができる。また、赤外線の総吸収量も、初期の状態(図5(a))に回復させることができる。さらに、それ以降、赤外線の総吸収量が初期量の2倍に到達した時点でメンテナンスを行うことにより、パーティクルカウント数は規格内に収まり、エッチング特性の一例であるSiO₂とSiの選択比のバラツキも±10%以内に収まる。したがって、一定のエッチング特性を維持・管理することができる。稼働率や工程歩留まりの向上を図ることができる。

【0095】(第3の実施形態)次に、第3の実施形態について説明する。図6は、第3の実施形態に係るドライエッチング装置の構成を示す縦断面図である。図6において、図1と同じ符号は同じ要素を示す。本実施形態の特徴として、チャンバー1には、チャンバー1を構成する大円筒状のケーシングから突出した底付き小円筒状の観測部50が設けられている。この小円筒状の観測部50の先端部には着脱可能な石英板43が配設されており、観測部50の相対峙する円筒部の2か所には赤外線が通過可能な材料で構成された窓40、40が設けられている。なお、41はエッチング副生成物による堆積物、42は堆積物41を通過した通過赤外線、44は赤外線の検出系及び解析システム、48は赤外線光源及び光学系を示す。そして、光学系48により供給される入射赤外線12が一方の窓40から入射し、堆積物41と相互作用を行った後反射され、他方の窓40を介してチャンバー1外に出た通過赤外線42が赤外線の検出系及び解析システム44に到達する。つまり、赤外線がプラズマ発生領域10を通過しない構成になっている。

【0096】本実施形態では、第1の実施形態で述べたものと同じプロセスによりエッチングを行うと、エッチングによって生成されるSiBr_xなどの堆積物成分は、プラズマ発生領域10から周辺へと拡散してゆき、石英板43まで到達する。そして、上記各実施形態と同様に、堆積物41を経た通過赤外線42の吸収スペクトルを観測すると、本実施形態では、赤外線とプラズマとの相互作用がないため、赤外線の吸収スペクトルを検出する際の感度が向上している。本実施形態では、被エッチング物が上記第2の実施形態と同様にシリコン酸化膜であるため、基本的に図5(a)、(b)と同様の初期吸収スペクトル特性及び使用後の吸収スペクトル特性が得られるが、図5(a)、(b)に示す吸収スペクトルにおける信号とノイズとのS/N比は、約2倍に向上する。また、図6に示すように、赤外線の観測系が空間的にチャンバー本体と干渉しないため、これまで赤外線光路の調整に要していた時間も、約1/3に低減できる。さらに、反応室内環境を赤外線の吸収特性から観察することで、一定のエッチング特性の維持・管理と稼働率や工程歩留まりの向上を図ることができる。

【0097】(第4の実施形態)次に、チャンバークリ

ーニングに係る第4の実施形態について説明する。本実施形態では、図6に示すエッチング装置において、チャンパー1の内壁面に付着した堆積物を以下の方法により除去する。

【0098】上記第1の実施形態に示す手順でエッチングを行うようにしたプロセスにおいて、1000枚処理後の状態で、反応室内壁面をドライクリーニングした。使用したエッチングガスはNF₃ガスであり、チャンパー1内の圧力は200mTorr、印加電力は200Wである。この印加電圧によって生じる放電において、1400cm⁻¹での赤外線吸収強度の時間変化をモニタリングした。図7は、その変化特性を示す。同図に示すように、処理時間すなわちクリーニング時間の経過とともに、赤外線の吸収強度は減少していく。すなわち、堆積物の総量が減少することが分かる。そして、クリーニングの開始後、約160sec後には、相対的な吸収強度が1/4まで低下している。そして、240時間のクリーニングを行なった後モニターウェハのパーティクルカウント数を計測した結果、パーティクルカウント数は、規格(30個)以上の値から11個程度まで減少し、堆積物が除去されていることが確認できた。そこで、赤外線の吸収量が一定値以下になったときにクリーニングが終了したと判断する。この方法により、堆積物の除去が正確にでき、的確なクリーニング方法の実施とクリーニング時間の最適化とを図ることができる。

【0099】(第5の実施形態)次に、第5の実施形態について説明する。本実施形態では、窓7から赤外線を入射し、赤外線のチャンパー1の内壁面に付着する堆積物31により反射される赤外線の吸収スペクトルを検出するようにしている。すなわち、図8に示すように、3か所の堆積物31を経た通過赤外線33の吸収スペクトルを検出器14で検知するようにしている。本実施形態においても、上記各実施形態と同様に、チャンパー内の環境に関する情報が得られ、良好なエッチング特性、メンテナンス周期の最適化、装置の稼働率向上を図ることができる。特に、本実施形態では、2つの窓とチャンパー1の本体の内壁面との3か所における堆積物を経た赤外線の吸収を検知するので、検知精度が向上する。加えて、チャンパー1の内壁面の任意の箇所における堆積物をモニターすることが可能になるので、チャンパー1内の環境をより確実に把握し得る利点もある。

【0100】(第6の実施形態)次に、第6の実施形態について、図10(a)、(b)、図11及び図12を参照しながら説明する。

【0101】図10(a)、(b)は、本実施形態に係るドライエッチング装置の横断面図及び縦断面図である。図10(a)、(b)に示すように、本実施形態に係るドライエッチング装置の構成は、上記第3の実施形態に係る図6(a)、(b)に示すドライエッチング装置とほぼ同じであり、堆積物をモニターする部分の構造

のみが異なる。本実施形態では、チャンパー1の側壁の1か所だけに1つの石英板からなる窓40が設けられており、赤外線光源及び光学系48により、赤外線を窓40に入射させて窓40の内面で全反射させた後、赤外線の検出系及び解析システム44に入射させるように構成されている。この構造においても、赤外線がプラズマ発生領域10を通過することはない。

【0102】本実施形態において、ドライエッチングを行なう条件は上記第2の実施形態と同じである。チャンパー1内にエッチングガスであるCF₄ガス、CHF₃ガス、Arガスの混合ガスを導入し、圧力60mTorrの下で放電させる。この時の印加する電力は400Wである。これによりプラズマ発生領域10が形成され、エッチング剤として機能する活性種が試料22のシリコン酸化膜に入射する。反応してできたエッチング生成物は主にSiとCの化合物であり、これらの一部はチャンパー1から排気されるが、他の部分はチャンパー1の内壁面に付着し、モニター用の窓40の内面上にも堆積物41として付着している。

【0103】図11は、赤外線の伝達経路の詳細を示す横断面図である。入射赤外線12が窓40の外側から窓40内に入った後、窓40の内面で全反射される。このように、第1媒質を進行する電磁波が第2媒質との境界面で全反射される際に、エバネッセント波が第2媒質側にしみだすことは、基本的な光等の電磁波の性質として知られている。すなわち、入射赤外線12中のエバネッセント波12aは堆積物41内にしみだして堆積物41による吸収を受けた後、全反射される。したがって、通過赤外線61は、堆積物41の膜厚に応じた吸収を受けており、この赤外線の吸収スペクトルの波長や、吸収量は第1の実施形態と同様の方法で検出することができる。すなわち、図2(a)、(b)に示すような初期吸収スペクトルとウェハを何枚か処理した後の吸収スペクトル、特に通過赤外線61のうち波数1400⁻¹における赤外線の吸収量を検出することにより、堆積物41の種類や膜厚を検知することができる。

【0104】図12は、ウェハの処理枚数に対する通過赤外線61の強度(相対値)の変化を示し、ウェハの処理枚数が増大するにつれて通過赤外線61の強度が減少し、堆積物41の膜厚が増大していることが示されている。なお、この相対強度の検出は、図9(a)、(b)と同じ条件で行なわれている。

【0105】したがって、本実施形態では、第1媒質を進行する電磁波が第2媒質との境界面で全反射される際に、エバネッセント波が第2媒質側にしみだすという現象に着目することにより、モニター用窓40を1枚のみで済ませることができ、かつ窓40の構造も極めて簡素なものとするができる。しかも、赤外線がプラズマ発生領域10を通過することはないので、検出精度も極めて高い。

【0106】(第7の実施形態)次に、第7の実施形態について、図13(a)、(b)及び図14を参照しながら説明する。

【0107】図13(a)、(b)は、本実施形態に係るドライエッチング装置の横断面図及び縦断面図である。図13(a)、(b)において、各符号は各々以下の要素を示す。1は縦型円筒状のチャンバー、22は被加工物であるポリシリコン膜が堆積されたLSI用半導体ウェハ等の試料、3は高周波電源(例えば13.56MHz工業用電源)、4はカップリングコンデンサ、5は試料取付部としても機能するカソード電極、6はアノード電極を示す。上記チャンバー1により囲まれた閉空間が反応室Rreである。また、10は反応室Rre内に形成されるプラズマ発生領域である。高周波電源3、カップリングコンデンサ4及び各電極5、6によりプラズマ発生手段が構成されている。

【0108】ここで、本実施形態の特徴として、チャンバー1内のプラズマを観察するための窓40と、窓40を介してチャンバー1内のプラズマ発生領域10の発光強度を検出する発光強度検出器70(フォトマル)と、発光強度検出器70の出力を受けてドライエッチングのプロセスを制御するためのコントローラ71とをさらに備えている。さらに、41はエッチング副生成物が窓40の内壁面に堆積して形成される堆積物である。

【0109】本実施形態においても、上記第1の実施形態と同じ条件でドライエッチングが行なわれる。すなわち、チャンバー1内にエッチングガスであるCF₄ガス、CHF₃ガス、Arガスの混合ガスを導入し、圧力60mTorrの下で放電させる。この時の印加する電力は400Wである。これによりプラズマ発生領域10が形成され、エッチング剤として機能する活性種が試料22のシリコン酸化膜に入射する。反応してできたエッチング生成物は主にSiとCの化合物であり、これらの一部はチャンバー1から排気されるが、他の部分はチャンバー1の内壁面に付着し、窓40の内面上にも堆積物41として付着している。

【0110】ここで、本実施形態では、コントローラ71により、発光強度検出器70で検出されるプラズマ発光強度の変化に応じてドライエッチングの終了時期が判断される。その点について、詳細に説明する。

【0111】図14は、ドライエッチングの終点検出方法を示す図であり、縦軸はCO分子による波長483.5nmの発光強度の変化を示している。半導体デバイス中のシリコン酸化膜等の一部をCF₄ガスを用いてドライエッチングにより除去する際、SiF₄、CO₂、CO等の粒子のプラズマが生じる。そして、シリコン酸化膜の除去が終了すると、これらの粒子の数が激減するはずであるが、下地がシリコンの場合にはSiF₄はシリコン酸化膜の除去が終了した後も発生し続ける。そこで、CO₂、CO等による発光強度に着目すれば、シリ

コン酸化膜の除去が終了した時期を判断できる。

【0112】このように、ドライエッチングによって発生する特定の粒子(本実施形態ではCO粒子)のプラズマの発光強度が急激に減少することを利用してドライエッチングの終了時期を判断することができる。例えば、クリーニング直後のチャンバー内でドライエッチングを行なう場合、図14中の変化曲線A₀に示すように、ウェハのドライエッチングを開始する前における相対的な発光強度の初期値を「1」とする。ドライエッチングが進行して時刻t₀で急激に発光強度の相対値が落ち込むと、そのときをドライエッチングの終了時期と判断する。しかし、多くのウェハを処理した状態では、同図の曲線A_{n'}に示すように、窓40の内面上の堆積物41の厚みが増大するので、堆積物による光の吸収のために、検出される発光強度は、クリーニング直後に比べるとドライエッチングを開始する前においてもドライエッチング終了後においても低下する。

【0113】そこで、本実施形態では、ドライエッチングを開始する前における発光強度の初期値が常に「1」となるように自動的に検出感度を校正する(オートゲイン調整)ようにしている。つまり、図14中の曲線A_nに示すように、n枚のウェハを処理した後、ドライエッチングを行なう際には、相対的な発光強度の初期値を「1」とするオートゲイン調整を行ない、相対的な発光強度があるレベル(例えば0.6)以下になったとき

(図14に示す時刻t_n)がドライエッチングの終了時期であると判断するようにしている。このように、オートゲイン調整を行なうことで、相対的な発光強度が一定値(例えば0.6)以下になったときにドライエッチングが終了したと判断できるので、プロセス制御は非常に簡素になる。そして、チャンバー内のパーティクルの発生状態を検知するためにモニターウェハを設置する手間と工程の中断とを回避でき、単に処理したウェハの枚数だけで判断する場合のような誤判断を回避することができる。

【0114】(第8の実施形態)次に、第8の実施形態について、図15、図16及び図17を参照しながら説明する。

【0115】図15は、本実施形態に係るドライエッチング装置の横断面図である。本実施形態に係るドライエッチング装置は、上記第7の実施形態におけるドライエッチング装置とほぼ同じ構造を有しているが、プラズマ状態を観察する機能とドライエッチングのプロセスを制御する機能とを有している点のみが異なる。すなわち、上記第6の実施形態と同じ構成を有する赤外線光源及び光学系48と、赤外線の検出系及び解析システム44とが設けられており、赤外線光源及び光学系48により、赤外線を窓40に入射させて窓40の内面で全反射させた後、赤外線の検出系及び解析システム44に入射させるように構成されている。そして、赤外線の検出系及び

解析システム44から上記コントローラ71に、窓40の内面上の堆積物41に関する信号S_{de}が転送されるように構成されている。

【0116】本実施形態においても、上記第7の実施形態と同じ条件でドライエッチングが行なわれる。ここで、本実施形態では、コントローラ71により、発光強度検出器70で検出されるプラズマ発光強度の変化に応じてドライエッチングの終了時期が判断される。その点については、上記第7の実施形態と同じであるが、本実施形態では、ウェハのドライエッチングを開始する前の初期値を校正する方法は上記第7の実施形態とは異なる。

【0117】図16は、赤外線の出検系及び解析システム44で検出される赤外線の強度変化と、この強度変化に応じて調整されるコントローラ70のオートゲイン値(相対値)の変化を示す図である。すなわち、赤外線の検出系及び解析システム44から転送される信号S_{de}に含まれる窓40の内面上の堆積物41を経た赤外線の強度に応じ、ドライエッチングを開始する前のプラズマの相対的な発光強度が常に一定値「1」になるようにオートゲイン値の調整を行なっている。

【0118】第7の実施形態のようなオートゲイン調整を行なうと、窓40に付着した堆積物41が厚くなるにしたがって当然ゲインの増大幅が大きくなるが、ゲインの増大幅が大きくなると、ウェハのドライエッチングを開始する前とエッチング終了時との差が見掛上実際よりも小さくなる傾向がある。つまり、相対的な発光強度の初期値が「1」になるように校正すると、エッチング終了時における相対的な発光強度の検出値は、クリーニング直後に比べて上昇する傾向がある(図14の曲線A_n参照)。また、エッチング終了後の発光強度のバラツキもS/N比の低下により増大する。そして、発光強度検出器70(フォトマル)の検出値は、窓40上の堆積物41だけでなくチャンパー1内の塵埃等によって変動し時間的な変動も大きい。そのため、発光強度検出器70の検出値に基づいて初期値の校正を行なった場合、図17の点線曲線A1000に示すように、例えば1000枚目のウェハをドライエッチングする際には、エッチング終了後の発光強度の値が大きなばらつきの幅EW1を持つことになる。場合によっては、エッチングが終了しているにもかかわらずエッチング終了の時期を判断する基準となる強度「0.6」以下にならないことが生じ得る。つまり、オートゲイン値の増大に伴うエッチング終了後の検出値の上昇傾向及び誤差の増大と、初期値の校正の不正確とが重疊して、エッチングの終了時期に誤判定を生じる虞れがある。これを回避するためには、例えばオートゲイン値がある値を越えると、エッチング終了時期の誤判定を生じる虞れがあるとして、窓40の堆積物41を除去すべくチャンパー1のドライクリーニング(メンテナンス)を行なう必要がある。つまり、窓4

0上の堆積物41の実際の状態からまだ余裕があるにもかかわらず早めにチャンパー1のドライクリーニングを行なうことになり、メンテナンス周期が短くなる。

【0119】それに対し、本実施形態のごとく赤外線の出検系及び解析システム71から転送されるデータを用いた場合には、発光強度検出器70の検出値を用いた場合のような大きな検出値の変動はない。図17の破線曲線B1000に示すように、エッチング終了後の発光強度の検出値のバラツキ幅EW2は極めて小さくなる。したがって、本実施形態の方法では、現実の堆積物41の膜厚を検出して、この値に応じた初期値の校正を行なうので、オートゲイン調整に伴うエッチング終了後の相対的な発光強度の上昇傾向はあるものの、バラツキ幅EW1が小さいためにエッチング終了時期の判断の基準値

「0.6」以上になる虞れが生じるまでの処理枚数が増大する。例えば、第7の実施形態では、チャンパー1のドライクリーニングを行なってから次のドライクリーニングを行なうまでに1000枚程度のウェハの処理が限界であったとすると、1100枚程度のウェハを処理することができるのである。このチャンパー1のドライクリーニングを行なうには、いったん工程を停止しなければならず、かつチャンパー1内の雰囲気置換と言う多大の手間を必要とするので、このようにメンテナンス周期を延長することで、装置の稼働率が大幅に向上することになる。

【0120】(その他の実施形態)なお、上記各実施形態及び後述の各実施形態では、いずれも電磁波として赤外線を利用し、赤外線の吸収スペクトルを観測することにより反応室内の環境を把握する例を述べたが、本発明はかかる実施形態に限定されるものではない。すなわち、赤外線の吸収以外の光学的手法、例えばX線光電子分光法によっても、反応室内情報を得ることができる。図9(a)は、第1の実施形態と同じポリシリコン膜をエッチングするプロセスにおける堆積物の解析結果を示し、図9(b)は、第2の実施形態と同じシリコン酸化膜をエッチングするプロセスにおける堆積物の解析結果を示し、いずれも堆積物を構成する各原子間の結合エネルギースペクトルを示す。図9(a)、(b)を参照すれば容易にわかるように、エッチングプロセスにおいて生成される堆積膜を構成する物質の結合エネルギースペクトルの違いが観測され、また、その強度は堆積物の総量を反映したものとなる。その結果、X線光電子分光法によるチャンパー内環境の観察が可能となる。

【0121】さらに、上記各実施形態では、プラズマを利用してエッチングを行う際のチャンパー内の環境を把握する例について説明したが、本発明はかかる実施形態に限定されるものではなく、プラズマを利用したCVD、アッシング、酸化、不純物ドーピング、プラズマアシテッドエピタキシー等のプラズマ加工全般について、また、プラズマを利用しない加工であっても、スパ

ッタリング、蒸着、CVD、イオンプレーティング等のチャンバーの内壁面に堆積物を生ぜしめる加工全般について適用することができる。

【0122】

【発明の効果】請求項1～14によれば、チャンバー内の堆積物のモニター方法として、チャンバー内に窓から電磁波を入射し、チャンバー内の堆積物を通過した電磁波の吸収を検知することにより、チャンバー内の堆積物の状態をモニターするようにしたので、チャンバー内の環境を正確に把握しながら、プラズマ加工中のプロセス制御、メンテナンス、チャンバーのクリーニング等に有用な情報を供することができる。

【0123】請求項15～21によれば、チャンバー内でプラズマを利用した加工を行なう際、チャンバー内のプラズマの発光強度を観察し、プラズマ加工を行なう時の発光強度の初期値が一定になるように発光強度を校正して、この校正された発光強度の変化に基づいてプラズマ加工のプロセスを制御するようにしたので、簡素な制御で迅速なプロセス制御を行なうことができる。

【0124】請求項22、23によれば、チャンバーの内壁面に付着した堆積物をクリーニングガスを使用して除去するドライクリーニング方法において、チャンバーの内壁面に付着した堆積物の状態を電磁波を介してモニターするようにしたので、クリーニングプロセスの期間の最適化を図ることができる。

【0125】請求項24～31によれば、半導体製造装置として、電磁波発生手段で発生した電磁波をチャンバー内に入射させ、チャンバー内の堆積物を電磁波を電磁波検出手段に到達させる構成としたので、チャンバー内の環境を正確に把握することができ、よって、良好な加工特性を維持し、最適なプロセス管理および制御を行い得る半導体製造装置の提供を図ることができる。

【0126】請求項32～35によれば、半導体製造装置として、プラズマを発生する手段と、利用した加工を行なう際チャンバー内のプラズマの発光強度を観察する手段と、プラズマ加工を行なう時の発光強度の初期値が一定になるように発光強度を校正して、この校正された発光強度の変化に基づいてプラズマ加工のプロセスを制御する制御手段とを備える構成としたので、簡素な制御で迅速なプロセス制御を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る半導体製造装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】第1の実施形態において検出された初期の赤外線吸収スペクトル図及び1000枚連続処理した後の赤外線吸収スペクトル図である。

【図3】第1の実施形態におけるパーティクル数の処理枚数増加に伴う変動及びポリシリコンエッチング速度の変動を示す特性図である。

【図4】第2の実施形態に係る半導体製造装置の構成を

概略的に示す縦断面図である。

【図5】第2の実施形態において検出された初期の赤外線吸収スペクトル図及び1000枚連続処理した後の赤外線吸収スペクトル図である。

【図6】第3の実施形態に係る半導体製造装置の構成を概略的に示す横断面図及び縦断面図である。

【図7】第4の実施形態におけるクリーニング方法の実施中における赤外線の相対的吸収強度の時間変化を示す特性図である。

【図8】第5の実施形態に係る半導体製造装置の内部を透視して示す斜視図である。

【図9】ポリシリコン膜及びシリコン酸化膜のエッチングの際に付着する堆積物をX線光電子分光法で観察して得られたスペクトル図である。

【図10】第6の実施形態に係る半導体製造装置の横断面図及び縦断面図である。

【図11】第6の実施形態における堆積物の状態をモニターする際に赤外線が窓の内面で全反射されるときの状態を示す横断面図である。

【図12】第6の実施形態において検知される赤外線の強度のウェハの処理枚数に対する変化に関するデータを示す図である。

【図13】第7の実施形態に係る半導体製造装置の横断面図及び縦断面図である。

【図14】第7の実施形態に係る初期値の校正によるエッチング終了時期の判断方法を示す図である。

【図15】第8の実施形態に係る半導体製造装置の横断面図である。

【図16】第8の実施形態における堆積物による赤外線の強度変化と、この変化に応じて調整されるオートゲイン値とを示す図である。

【図17】第7及び第8の実施形態に係る初期値の校正によるエッチング終了時期の判断方法の信頼性を比較する図である。

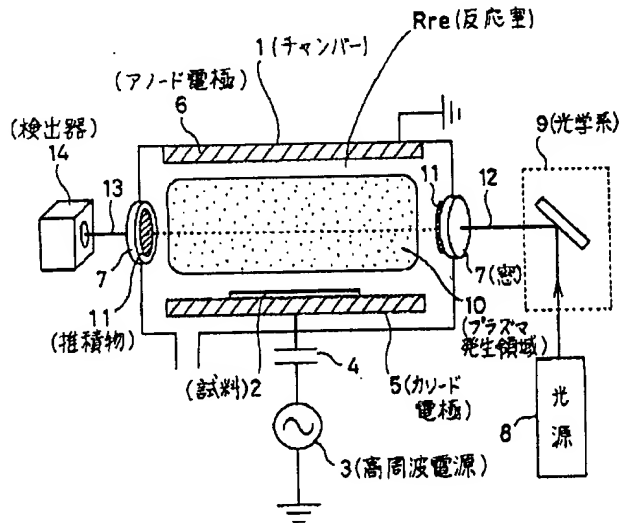
【符号の説明】

- | | |
|----------|-------------|
| 1 | チャンバー |
| 2、22 | 試料 |
| 3 | 高周波電源 |
| 4 | カップリングコンデンサ |
| 5 | カソード電極 |
| 6 | アノード電極 |
| 7 | プラズマモニター用の窓 |
| 8 | モニター用光源 |
| 9 | 光学系 |
| 10 | プラズマ発生領域 |
| 11、31、41 | 堆積物 |
| 12 | 入射赤外線 |
| 12a | エバネッセント波 |
| 13 | 通過赤外線 |
| 14 | 検出器 |

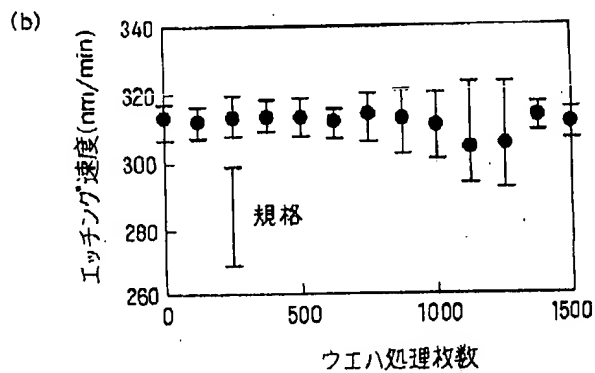
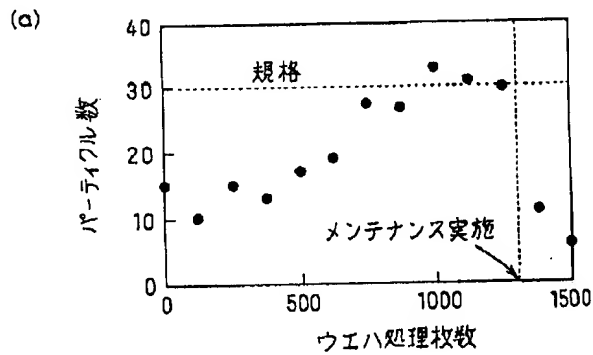
40 窓
42 通過赤外線

43 石英板
50 観測部

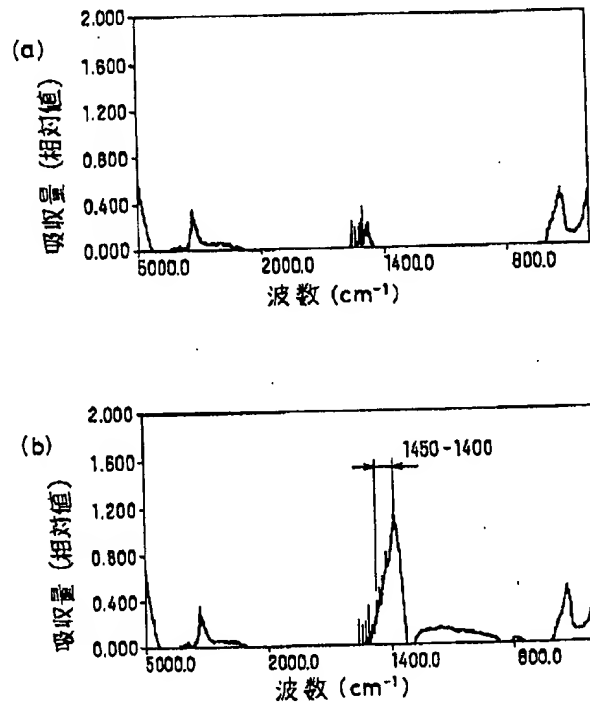
【図1】



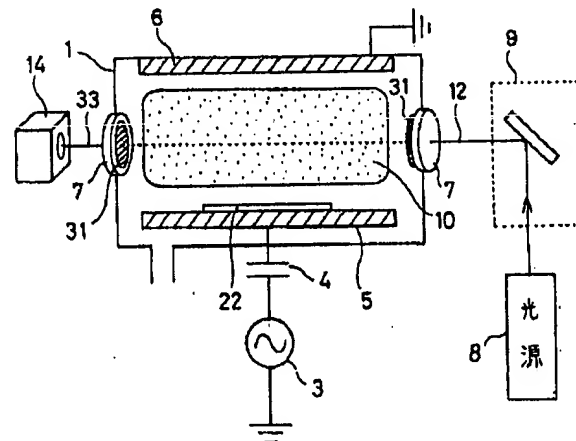
【図3】



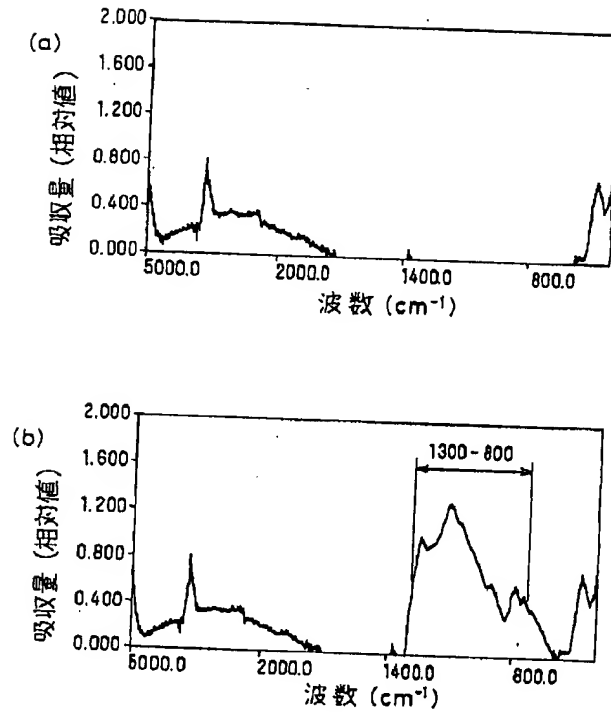
【図2】



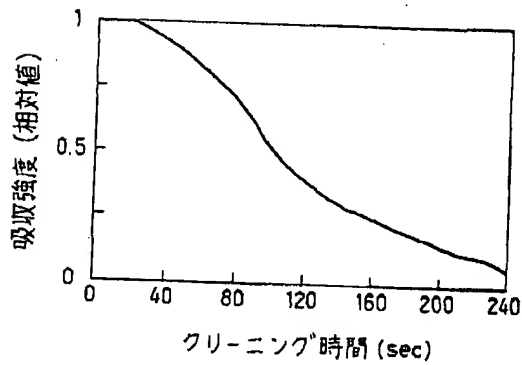
【図4】



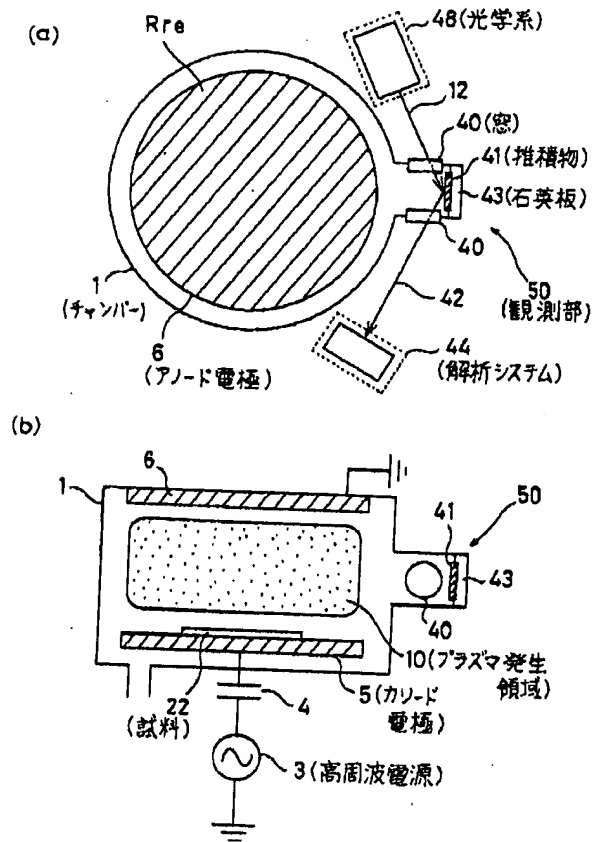
【図5】



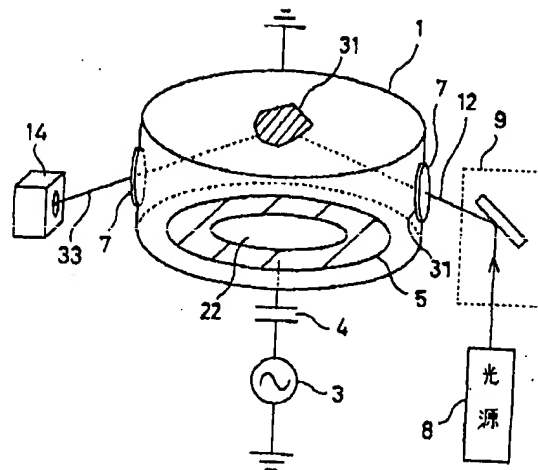
【図7】



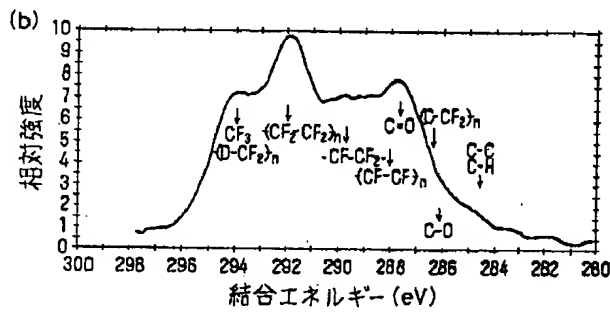
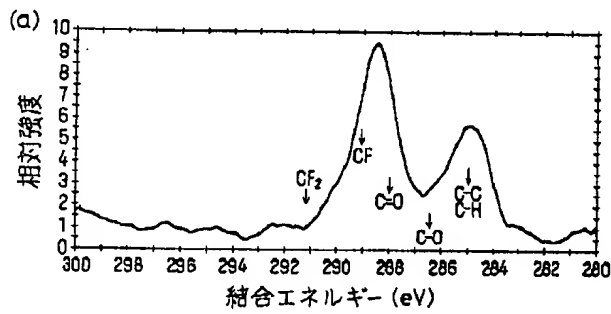
【図6】



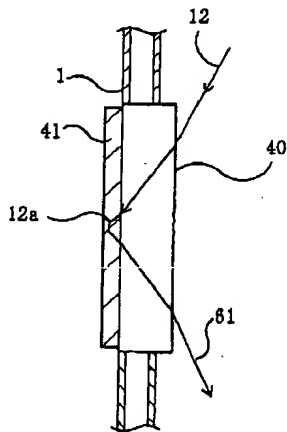
【図8】



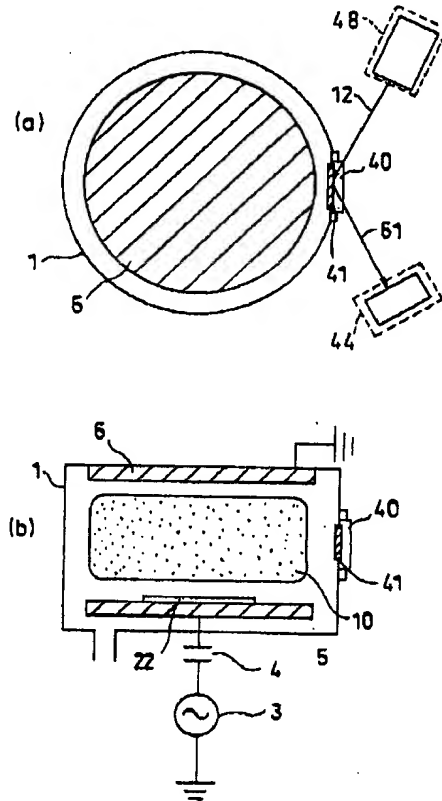
【図9】



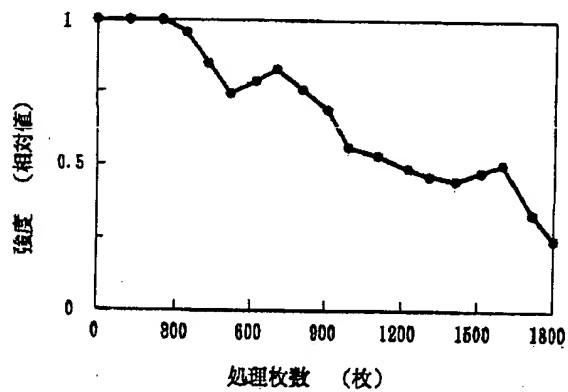
【図11】



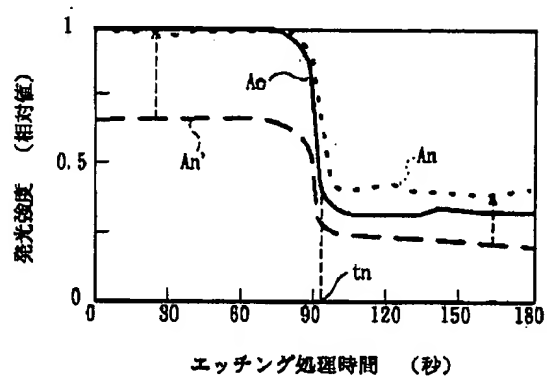
【図10】



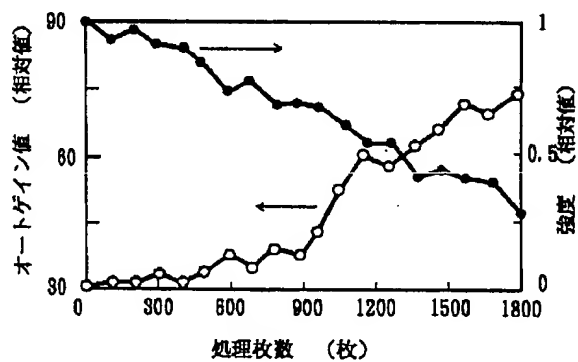
【図12】



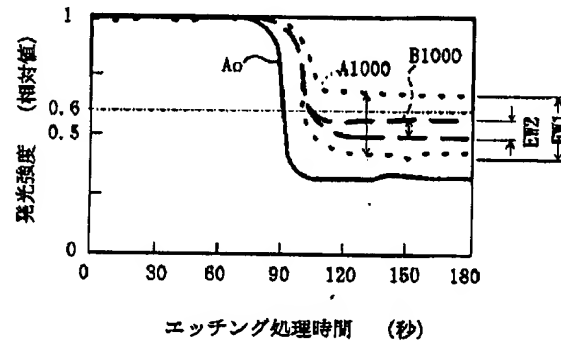
【図 14】



【图 16】



【図17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	
21/304	3 4 1		21/304	3 4 1 D
21/31			21/31	C
H 0 5 H 1/46		9216-2G	H 0 5 H 1/46	B
			H 0 1 L 21/302	C

